

Talajok matematikai modellek alapján történő numerikus klasszifikációja és kódolása egy magasabb szintű osztályozási rendszerben

ST. GALLÓ és M. PREDA,

Biológiai Kutató Központ, Cluj—Napoca (Románia)

A tudományos ismeretek gyors fejlődése megköveteli, hogy az összegyűjtött adatokat áttekinthetően rendszerezzük. Az ez irányú próbálkozások azonban sokszor nagyon munkaigényesek és nem mindig vezetnek sikerekre. A kapott eredmények rendszerezésével foglalkozó kutató ezért nem egyszer kerül szembe azzal a feladattal, hogy olyan rangsort állítson fel, melyben a vizsgálat tárgyát képező objektumok azonosak.

Jelen munkában ezzel a problémával kapcsolatban matematikai modellek alapján egy új szemléletmódot kívánunk javasolni, méghozzá olyat, melynél a kérdésfeltevés lehetőség szerint általános érvényű.

Kiindulási alapul ADANSONnak a numerikus taxonómiában általánosan elfogadott axiomatikus alapelve szolgál [cit. in 4, 5], mely szerint valamennyi jellemző tulajdonság azonos jelentőségű.

Ezért a következő követelményeknek kell teljesülniük:

- a jellemző tulajdonságot mért számértékek vagy osztálybeli különbségek alapján számszerűen ki lehessen fejezni;
- a kategóriák valamennyi alkalmazási területen alapvetően (névlegesen ez nem feltétlenül szükséges) azonosak legyenek;
- az eljárás alkalmazható legyen valamennyi tartományban, melyekben természetes anyagok (testek) klasszifikációja szükségessé válhat.

A taxonómiai kategóriák határainak stabilitása

Tekintsünk két vagy több talajt, melyek n -számú azonos tulajdonsággal rendelkeznek („ n ” bármelyik tetszőleges egész szám lehet).

Annak a valószínűségét, hogy két talaj azonos tulajdonságaik száma alapján ugyanahhoz a taxonómiai egységhez tartozik, egy heurisztikus program segítségével lehet meghatározni. Ha két talajt pl. egyetlen tulajdonsággal jellemzünk (1. táblázat), akkor 0,5 a bizonytalansági foka annak a feltételezésnek, hogy a két talaj azonos, s ebből következik, hogy az igazolt azonosság valószínűsége 50%. Ha az azonos tulajdonságok száma 2, akkor a tévedés valószínűsége $0,5 \times 0,5 = 0,25$, ha 3, akkor $0,5 \times 0,5 \times 0,5 = 0,125$, és az azonosság valószínűségét úgy kapjuk meg, hogy a fenti számokat 1,0-ra egészítjük ki.

A „nullhipotézissel” kapcsolatban a tévedés valószínűségének foka a biológiában alkalmazott valószínűségi határértékek megállapítására szolgál.

1. táblázat

A taxonómiai kategóriák határainak meghatározása a közös jellemvonások (tulajdonságok) számának függvényében

A közös jellemvonások száma	Az azonosság bizonytalanságának foka	Az azonosság bizonyosságának foka	Az azonosság bizonyosságának valószínűsége, %	Valószínűségi fok	Taxonómiai kategória
1	0,50000000	0,50000000	50,00000000	50	I
2	0,25000000	0,75000000	75,00000000	25	II
3	0,12500000	0,87500000	87,50000000	12,5	III
4	0,06250000	0,93750000	93,75000000	5	IV
5	0,03125000	0,96875000	96,87500000	1	V
6	0,01562500	0,98437500	98,43750000	1	V
7	0,00781250	0,99218750	99,21875000		
8	0,00390625	0,99609375	99,60937500		
9	0,00195312	0,99804687	99,80468700	0,1	VI
10	0,00077656	0,99922343	99,92234300		
11	0,00038728	0,99961271	99,96127100		
12	0,00019364	0,99980635	99,98063593	0,01	VII
13	0,00009682	0,99990317	99,99031796		
14	0,00004841	0,99995158	99,99515898		
15	0,00002420	0,99997579	99,99757949	0,001	VIII
16	0,00001210	0,99998789	99,99878974		
17	0,00000605	0,99999494	99,99949487		
18	0,00000302	0,99999697	99,99969743	0,0001	IX
19	0,00000151	0,99999848	99,99984861		
20	0,00000075	0,99999924	99,99992430		
21	0,00000037	0,99999962	99,99996215	0,00001	X
22	0,00000018	0,99999981	99,99998107		
23	0,00000009	0,99999990	99,99999053		
24	0,00000004	0,99999995	99,99999526	0,000001	XI
25	0,00000002	0,99999998	99,99999763		

Ezek a határértékek a jellemző tulajdonságok számával egyeznek meg és mindig prímszámokkal adhatók meg. Két kivétel van azonban:

a) a valószínűségi határértékeknek megfelelően az egyik kategóriahatár 10-nél jelenik meg és nem 11-nél,

b) a 24-es prímszám, mégis valószínűségi határértéket képez.

A valószínűségi határértékeket konvencionális alapon határozzák meg, míg a prímszámok sorrendje logikus alapokon nyugszik. Ezért azt javasoljuk, hogy a jellemző tulajdonságok számát prímszámokkal fejezzék ki és a megfelelő szegmenseket taxonómiai egységként kezeljék. Ennek a logikus felbontásnak az az előnye, hogy a jellemző tulajdonságok egyszer már rögzített száma a taxonómiai egységnek azt a „rangját” („sorrendjét”), melynél a két vizsgált test azonos, egyértelműen megadja.

Úgy tűnik, hogy a rendszertan az utóbbi időben veszít a jelentőségéből, és az általa felvetett problémákat bizonyos közös tulajdonságok (jellemvonások) minimálisan szükséges számának tekintetbevételével csak számító-

gépes eljárásokkal (Chi-négyzet, korrelációs koefficiens stb.) lehet megoldani.

Így SARKAR és munkatársai [26] a talajok numerikus klasszifikációjához szükséges jellemző tulajdonságok számát vizsgálva korrelációs koefficiensek segítségével megállapították, hogy a talajsorozatokba (típusokba) való beosztáshoz 22 közös tulajdonság (jellemvonás) elegendő. Ezt a javaslatot episztemológikus szempontból tudományos elméletként lehet kezelni, s bár a mai és a jövőendő módszerek (és elméletek) nagy teljesítményű számítógépekhez vannak és lesznek is kötve, ez az elmélet egyszerűsége miatt még a távoli jövőben sem fog aktualitásából veszíteni.

Összefüggés a tulajdonságok és a közös jellemvonások között

A természetes testek klasszifikációjának más kérdéseit is meg lehet tárgyalni logikus matematikai levezetések (dedukciók) alapján. A rendszertan, mely dedukció útján fejlődik ki, annak a lehetőségnek megvizsgálására szolgál, hogy egy modellel hogyan lehet közös jellemvonások (tulajdonságok) alapján osztályokba (taxa?) sorolni [10, 11, 19, 22, 23].

Osszunk egy bizonyos számú elemet (testet) közös tulajdonságaik alapján csoportokba (2. táblázat).

Ha egyetlen közös jellemvonás (tulajdonság) sem mutatható ki, akkor az elemek (testek) összességét egyetlen „tulajdonság nélküli” csoportba soroljuk. Ha egyetlen közös jellemvonás létezik, akkor az elemek összességét

2. táblázat

A csoportok számának és összetételének meghatározása a jellemvonások számának alapján

Jellemvonások száma	Csoportok száma	A csoportok összetétele
0	1	0
1	2	0, A
2	4	0, A, B, AB
3	8	0, A, B, C, AB, AC, BC, ABC
4	16	0, 4 csoport 1 közös jellemvonás 6 csoport 2 közös jellemvonás 4 csoport 3 közös jellemvonás 1 csoport 4 közös jellemvonás
5	32	0, 5 csoport 1 közös jellemvonás 10 csoport 2 közös jellemvonás 10 csoport 3 közös jellemvonás 5 csoport 4 közös jellemvonás 1 csoport 5 közös jellemvonás
6	64	0, 6 csoport 1 közös jellemvonás 15 csoport 2 közös jellemvonás 20 csoport 3 közös jellemvonás 15 csoport 4 közös jellemvonás 6 csoport 5 közös jellemvonás 1 csoport 6 közös jellemvonás
n	2^n	

két alcsoportba lehet besorolni: a jellemző tulajdonsággal vagy jellemvonással nem rendelkező elemek alcsoportjában (0) és az e tulajdonsággal rendelkező elemek alcsoportjába (A). Ha két közös jellemvonás (A és B) mutatható ki, akkor egy tulajdonságokkal nem rendelkező alcsoportot (0), egy (A)-tulajdonsággal rendelkező alcsoportot (A), egy harmadik, a (B)-tulajdonsággal rendelkező elemeket magába foglaló alcsoportot (B), és végül egy negyedik, a (A)- és (B)-tulajdonsággal is rendelkező elemeket tartalmazó alcsoportot (AB) lehet képezni. Ha a közös jellemvonások száma három (A, B és C), akkor az elemek összességét egy, egyik tulajdonsággal sem rendelkező (0), három, csak egy közös tulajdonsággal rendelkező (A, B, C), három – két közös tulajdonsággal rendelkező (AB, AC, BC) és egy, három közös tulajdonsággal rendelkező (ABC) alcsoportba lehet felosztani. Ezt a levezetést tetszőleges számú lépésig folytathatjuk, s látható, hogy az alcsoportok száma „n” számú tulajdonság vagy jellemvonás esetén 2^n -nel adható meg.

A Pascal-féle háromszög alkalmazása a csoporton belüli közös jellemvonások számának és kombinációs lehetőségének meghatározására

Megállapítható, hogy a csoporton belüli közös jellemvonások eloszlása a tekintetbe vett jellemvonások maximális száma szerint egy, a Pascal-féle háromszögbe írható elrendezést és Newton binomiális tételét követi (1. ábra).

A jellemvonások száma											
0							1				
1							1		1		
2						1	2		1		
3					1		3		3		1
4				1		4	6		4		1
5			1		5		10		10		5
6			1	6		15	20		15	6	1
7			1	7		21	35		35	21	7
8			1	8		28	56		70	56	28
9		1		9		36	84		126	84	36
10	1		10			45	120		210	120	45
Közös jellemvonások száma	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1. ábra

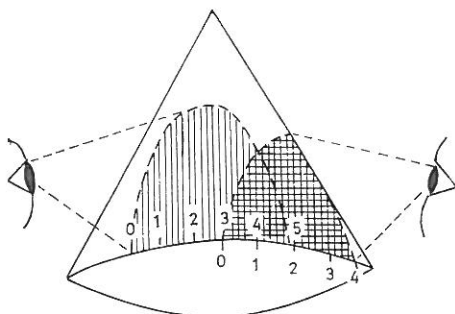
Közös jellemvonások lehetséges csoportkombinációi számának meghatározása a Pascal-féle háromszög segítségével ($n = 10$ -nél a csoportok össz-száma $1024 = 2^{10}$)

Ebből a megfigyelésből a következő megállapításokat vonhatjuk le:

i) Minden egyes jellemvonás (tulajdonság) jelként, s minden egyes jellemvonás-kombináció információként fogható fel.

ii) A közös jellemvonások csoporteloszlása olyan számcsoporthoz tartozó, melyek Gauss-görbéhez hasonló eloszlást követnek, s a jellemvonások száma szerint mindig magasabb maximumú görbe mentén helyezkednek el. A maximális negentrópia mértéke az összinformáció szempontjából megegyezik az entrópiáéval. A Gauss-eloszlásnak viszont az adja meg a tudományos értelmet, hogy a legtöbb azonos tulajdonságú csoport a jellemvonások össz-mennyiségének felénél található.

iii) Bármennyi jellemvonást vegyünk is tekintetbe, mindig lesz egy \emptyset közös jellemvonású csoport, vagyis egy olyan csoport, mely a kívánt szempontra nézve nem rendelkezik információval. Ennek a csoportnak a csoportok össz-számához viszonyított %-os részaránya azonban a jellemvonások számának növekedésével csökken, más szóval, a jellemvonások számának növekedésével csökken az entrópia. Ezzel nem a dolgok megismerhetőségének lehetetlen voltát akarjuk bizonyítani, hanem arra a szükségszerűségre akarunk rámutatni, hogy a valóságot sokoldalúan, sokrétegűen kell vizsgálni és kutatni. Bár a jellemvonások kiválasztásának kritériumai különfélék lehetnek, (elméletileg) mindig lesz egy „0”-információt adó csoport. A „0”-információt adó csoport a kiválasztott jellemvonás-rendszertől függ és éppenséggel nem tükrözi vissza a megismerhetőséget. Modellben a közös jellemvonások számá-



2. ábra

A kúpszegmensék és a Gauss-görbéhez hasonló görbék átfedése a nézőpont függvényében

hoz tartozó Gauss-görbéket közelítően parabolákkal ábrázolhatjuk, melyek egy kúp alapjára merőlegesen elhelyezkedő, különböző nagyságú metszetek (szegmenssek) formájában jelennek meg. Ilyenféle eltérő nagyságú szegmensek különböző kiindulási pontokból vagy szemszögekből nézve lehet a kúp alapjára felrajzolni.

Ha pl. egy kúpon két különböző látószög van adva, melyeknek két, az alapél alatt és felett berajzolt beosztás felel meg, s a parabolák elég nagyok ahhoz, hogy metsszék egymást, akkor azt az esetet szemléltetik, amikor az egyik rendszer „0”-információt adó csoportja a másik látószög „0”-tól eltérő információt adó összehasonlító rendszerének felel meg (2. ábra).

A javasolt modell alkalmazása a természettudományok néhány területén

A fentiekből kiindulva vizsgáljuk meg, hogy a javasolt modell a tudomány fejlődése szempontjából nézve minél több területen alkalmazható-e és hogy nyílt vizsgálati rendszert képez-e? Nézzük meg, hogy a 2^n képlet különböző szervezetségi fokú anyagi rendszerek, pl. állatok, növények, szervesetlen molekulák vagy atomok klasszifikációjánál alkalmazható-e?

A növényvilágban 20, az állatvilágban 30 jellemvonás egyrészt elegendő, másrészt nem túl sok a fajok különböző voltának megállapítására. Ezek a számok azt mutatják, hogy a klasszifikációs rendszerben $2^{20} = 10^6$ növényfajta

és $2^{30} = 10^9$ állatfajta, tehát egy milliárdnál is több kővület, jelen és jövőbeni fajta „fér el”. Egyes szerzők szerint a növényvilágban (beleértve a mikrobákat is) kb. 270 000, vagy legfeljebb 400 000 faj ismeretes [18]. Az állatvilágban található fajok száma kb. 1–2 millió, ebből egyes szerzők szerint az artropódák 800 000–2 000 000 fajszámúak [24], és a többi állatfaj kb. 100 000–200 000-es számban fordul elő.

A szervesetlen vegyületek mennyiségének kiszámításánál 100 kémiai elemből indulunk ki a következő megkötések figyelembevételével mellett:

— Mindegyik elem képezhet a másik elemmel vegyületet. Ezt a feltételt a halogenidek esetében minden különösebb fenntartás nélkül elfogadhatjuk. Másrészt előfordulhat, hogy többértékű anionok többféle fémmel is képezhetnek egyidejűleg vegyületet. Utóbbi időben nemcsak fémek között képződött vegyületeket (pl. AlCu_2 , MgCu_2) mutattak ki, hanem még nemesgázok vegyületeit is felfedezték.

— A molekulákat alkotó elemek száma korlátlan. A számítás egyszerűsítése érdekében ezt a számot 100-ban határoztuk meg.

— Minden elem egy adott kombinációban csak egyszer vesz részt. Ezt a valóságban nem létező feltételt kizárólag a számítás egyszerűsítésére vezetjük be.

Ha a 2^n képletet alkalmazzuk, akkor $2^{100} = 10^{30}$ -al egy rendkívül nagy számhoz jutunk, ami a szervesetlen molekuláknak ebben a rendszerben történő klasszifikációja maximális lehetőségére utal.

A régebbi és különösen az újabb atomfizikai kutatások során az atomok számos elemi részét fedezték fel, melyek számát azonban még nem tekinthetjük teljesnek. Szemlélődésünk alapjául így hát csak a legfontosabb atom-alkotórészek szolgáljanak anélkül, hogy a többi alkotórész jelentőségét le akarnánk becsülni. Ez az eljárás különben jogosnak látszik, mivel egyes szerzők [21] szerint a neutronok és protonok aszerint, hogy pozitronokat vagy elektronokat emittáltak, ugyanannak az elemi részecskének — az atommagnak — extrém állapotaként foghatók fel.

A számításához csak a neutronok számát vesszük tekintetbe, mivel az izotópok számát végül is ezek határozzák meg. Az eredmény, $2^{150} = 10^{45}$, mai ismereteinktől igen messze van, mivel eddig alig több mint 1100 izotóp ismeretes. A kiszámított és ismert izotóp-szám összehasonlításánál önkéntelen felvetődik a kérdés, hogy léteznek-e vajon a többi izotópok? Az igen nagy eltérés a két szám között információs hézagot jelent-e? Ez a kérdés az előbbi példák esetében is jogos lehet.

G. T. SEABORG 1969-ben, a periódusos rendszer felfedezésének 100 éves évfordulója alkalmából, az Amerikai Kémikusok Társasága által rendezett szimpóziumon egy nuklid-táblázatot közölt, melynél a két vízszintes tengelyen a protonok, ill. neutronok száma szerepel. Az instabilitási „tenger” szintje 10^{-9} sec felezési időnek felel meg, ami jelenleg két atommag azonosíthatóságának és különállásának alsó határát jelenti. Az instabilitási tenger legalsó részeiben elhelyezkedő nuklidokat a jelenleg rendelkezésre álló műszerekkel nem lehet azonosítani [30]. Ha tekintetbe vesszük, hogy a nuklidok élettartama 10^{-16} sec [21], sőt 10^{-19} sec [7] is lehet, akkor fel kell tételeznünk, hogy az izotópok nagyobbik felét még nem fedezték fel. Tehát a fent említett „információ-hiány” csak látszólagos, a jelenlegi műszerek tökéletlen volta által meghatározott „rés”, s a jövőben ezért újabb nuklidok felfedezésével kell számolnunk, melyeket a klasszifikációs rendszerbe be lehet majd sorolni.

A fenti válasz igen leegyszerűsítettnek tűnik, bár konkrét vagy legalábbis valószínű elemekre támaszkodik.

Az izotópok képződését a protonok, de különösen a neutronok számában fennálló különbségekre lehet visszavezetni. Feltehető, hogy a Dirac antiszimmetrikus egyenleteiből kikristályosodott Pauli-elv, mely szerint egy atomban két teljesen azonos elektron nem létezhet, nemcsak elektronokra, hanem neutronokra és protonokra is alkalmazható.

Ha a Pascal-féle háromszöget az izotópok lehetséges számának — esetleg minőségének — meghatározására alkalmazzuk, figyelmen kívül hagyva, hogy a Gauss-görbén csak a neutronok kombinációs számai, vagy a neutronok és a protonok kombinációs számai (100 vagy $100 + 150$) jelennek-e meg, a 0 mellett még 100 vagy $100 + 150$ olyan kombináció lép fel, melyekben egyetlen közös jellemvonás létezik, tehát 150 eset csak 1 neutronnal + 100 eset egyetlen protonnal. Az első pillantásra úgy tűnik, hogy ennek a modell természetéből adódó klasszifikációnak nincs fizikai értelme. Ha elfogadjuk a Pauli-elvet és Dirac egyenleteit, akkor úgy tűnik, hogy egy hiperfinom magszerkezetet feltételezve az egyes neutronok többféle hipotetikus állapotban fordulhatnak elő. Tehát $2^{150} = 10^{45}$ lesz az a szám, amelyhez különböző atommag-állapotokat rendelhetünk hozzá — bármikor is legyenek ezek majd a jövőben felfedezve.

A diprotonoknak az itt közölt vizsgálatok lezárása utáni, még meg nem erősített felfedezése, úgy tűnik, a fenti megállapítások helyességét igazolja.

A fenti levezetések és egyes tudományágakból származó példák segítségével való felülvizsgálatuk alapján a RAPAPORT REPGE [cit. in 3] által javasolt $2^{N(N-1)}$ alakú képlet alkalmazása a vizsgált esetekre túlzottnak tűnik.

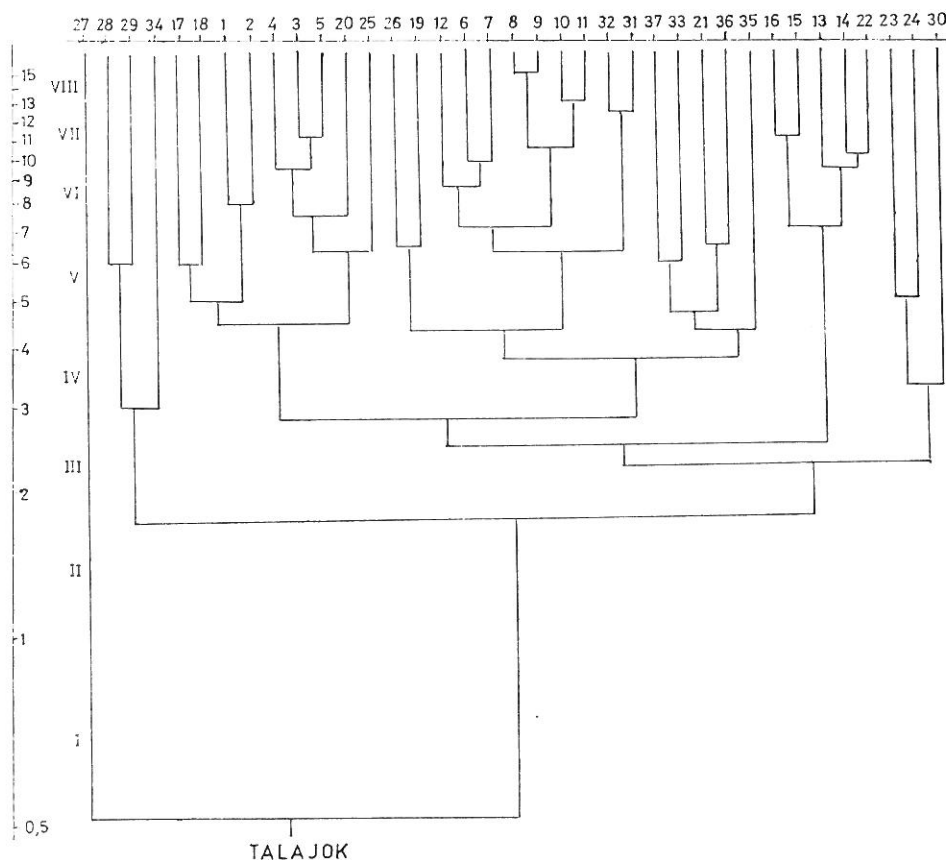
Feltételezzük, hogy a javasolt modell — mint mindegyik ilyen természetű modell — új ötleteket és kutatási irányokat vethet fel.

A modell alkalmazása a talajtanban

A talajtaxonómiában mindmáig nem érvényesült egy egységes felfogás, annak ellenére, hogy ezen a területen közel 100 éves fejlődés áll mögöttünk. Esetenként a numerikus taxonómia alkalmazását is megkísérelték. Az ADANSON által [cit. 5] postulált klasszifikációs alapelv, mely minden jellemvonásnak azonos jelentőséget biztosít, más szerzőknél [13, 25] kevésbé következetesen kerül alkalmazásra. Így pl. KENDRICK és PROCTOR [17] elsődleges és másodlagos jellemvonásokat különböztetnek meg és azt hangsúlyozzák, hogy a primér jellemvonások jelenléte esetén az ezzel a jellemvonással asszociált másodlagos jellemvonást is figyelembe lehet venni.

Jelen vizsgálatunkban azt kíséreljük meg, hogy az általunk kidolgozott numerikus klasszifikációs rendszert matematikai modellek alapján hogyan lehet Románia talajainak osztályozására alkalmazni. Kísérleti anyagként a Talajtani és Agrokémiail Kutatóintézet által 1976-ban összeállított „Magasabb szintű talajkategóriák klasszifikációs rendszeré”-ben lefektetett 40 természetes romániai talajtípus szolgált és átvettük az ennek a klasszifikációs rendszernek az alapját képező jellemvonásokat (tulajdonságokat) is. Ezenkívül más klasszifikációs rendszerek [1, 2, 5, 8, 9, 12, 14, 16, 20, 29] jellemző tulajdonságait is analizáltuk. Bár végső soron ADANSON elvét [cit. 5] alkalmaztuk, az elfogadott 51 jellemvonás itt következő rangsorolásánál KENDRICK és PROCTOR [17] megfigyeléseit is tekintetbe vettük:

1. Általános meghatározó jellemvonások: a 0, T, A, E, B, C, D és R szintek.
2. Fő jellemvonások: az Am, Am(w), Ao, Ao(w), Aosa, Au, AC, AE, Ea, Ee, El, EB, A + B, Bv, Bv(w), Bvw, Bt, Bhs, Bna, By, C, Go, d, Dca, R és Rca szintek.
3. Különleges meghatározó jellemvonások: A szintek színmélysége, színárnyalata és szintelítettsége Munsell szerint; a talaj szerkezete, a talajszelvény mélysége.



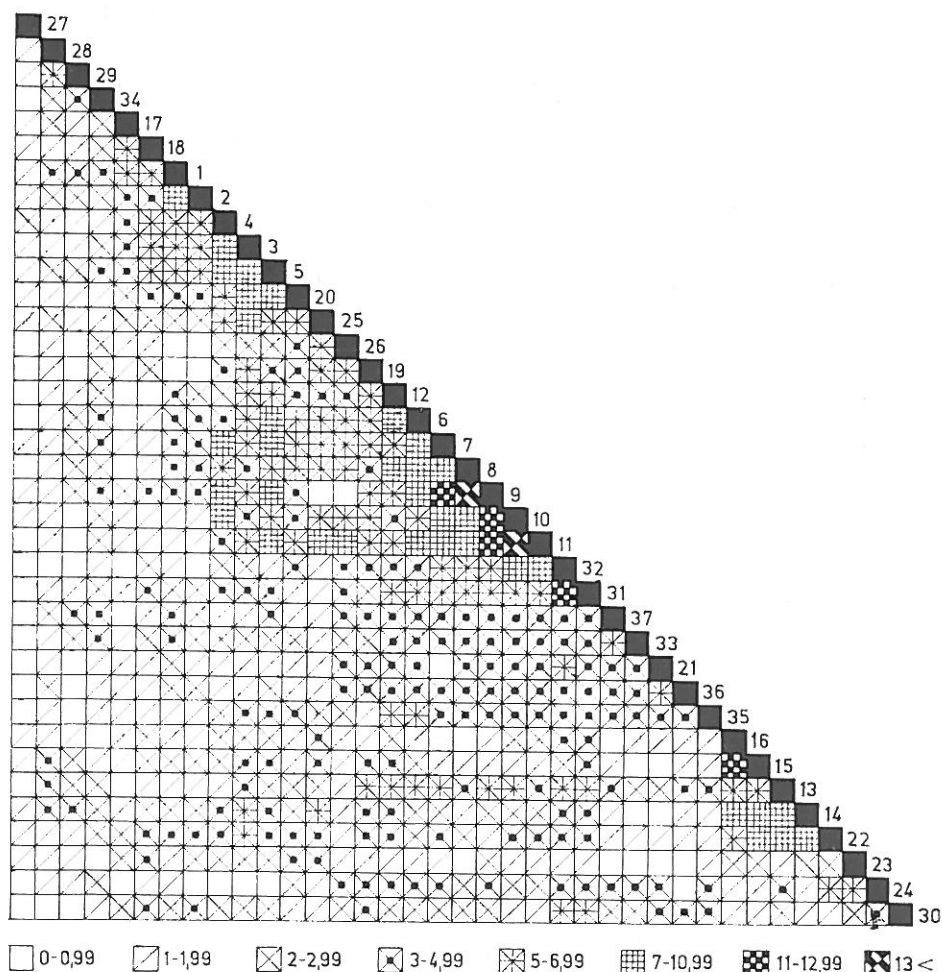
3. ábra

A talajok dendrogramja. I. Sorozat. II. Osztály. III. Alosztály. IV. Rend. V. Alrend. VI. Család. VII. Alcsalád. VIII. Típus. (1) Talajok: 27. Tőzegtalaj; 28. Humusz-szilikát talaj; 29. Köves talaj, földes kopár (protoranker); 34. Litosol; 17. Rendzina; 18. Pseudorendzina; 1. Gesztenyebarna sztyepp-talaj; 2. Csernozjom; 4. Degradált csernozjom; 3. Külügzött csernozjom; 5. Szürke erdőtalaj; 20. Vertisol; 25. Lejtőn kialakult glej-feketeföld; 26. Pseudoglej; 19. Terra rossa; 12. Barnaföld; 6. Vöröses barnaföld; 7. Argillikus barnaföld; 8. Podzolos vöröses barnaföld; 9. Podzolos talaj; 10. Fakóföld; 11. Planosol; 32. Szology; 31. Szolonyec; 37. Folyami hordalék; 33. Regosol; 21. Psamosol; 36. Öntésterületek réti talajai; 35. Kolluviális talaj; 16. Podzol; 15. Podzolos barnaföld; 13. Savanyú barnaföld; 14. Savanyú feketeföld; 22. Andosol; 23. Réti talaj; 24. Glej talaj; 30. Szoloncsák

4. Szekundér (másodlagos) meghatározó jellemvonások: CaCO_3 és/vagy bauxit, amorf anyagok, oligomorf és neo-oligomorf szintek, laza kőzet, eróziós anyag, folyami, tavi, tengeri és újonnan képződött hordalék jelenléte.

A numerikus taxonómiában, különösen a botanikában, de a talajtanban is, szokásos a jellemvonásokat különböző eljárások (Chi-négyzet, korrelációs koefficiens, stb.) szerint feldolgozni és az így nyert jelzőszámokat (koefficienseket) dendrogramokban és Trellis-diagramokban ábrázolni. Ezeket a számításokat azonban bonyolult és időigényes elvégezni.

Az itt leírt talajklasszifikációnak az a hipotézis képezi alapját, hogy a közös jellemvonások prímszámok szerinti csoportosítása a valószínűségi határokkal összehasonlítható és ennek következtében taxonómiai egységek képzésére alkalmazható. Ebben a munkában a talajokat a közös jellemvonások



4. ábra

Trellis-diagram, a talajok dendrogramja felhasználásával

száma alapján páronként hasonlítjuk össze és a számítások eredményeit közvetlenül dendrogramokban és Trellis-diagramokban ábrázoljuk (3. és 4. ábra).

A talajok klasszifikációját a dendrogram segítségével, a jellemvonások táblázatos csoportosítása alapján végeztük el. A dendrogramban a klasszifikáció javasolt alapegységek alapján történik, melyeket egyes esetekben még alegységekre is bontottunk [2, 5, 6, 15].

A talajok dichotomikus-numerikus kódolása

A dichotomikus-numerikus klasszifikációnak a kutatás és tervezés területén történő alkalmazása egy megfelelő kódrendszert feltételez, melynek a következő alapelveken kell nyugodnia:

- legyen következetes;
- legyen könnyen érthető és alkalmazható;
- ne okozzon zavaró hatást (azaz a beadott jelet ne befolyásolják transzmissziós hibák);
- információt közöljön: vagyis a magasabb egység kódja az alárendelt csoportok kódszámait, az alárendelt egységek kódszámait a magasabb egység kódszámait adják eredményül.

A 3. táblázatban az első helyen álló egységek egymás után következő lehetséges dichotomikus-numerikus kódszámait mutatjuk be példaképpen.

3. táblázat

A dichotomikus-numerikus kódrendszer felállítása

1, (O?),
 1.1, 1.2,
 2.1.1, 2.1.2, 2.2.3, 2.2.4,
 3.1.1, 3.1.2, 3.2.3, 3.2.4, 3.3.5, 3.3.6, 3.4.7, 3.4.8,
 4.1.1, 4.1.2, 4.2.3, 4.2.4, 4.3.5, 4.3.6, 4.4.7, 4.4.8,
 4.5.9, 4.5.10, 4.6.11, 4.6.12, 4.7.13, 4.7.14, 4.8.15, 4.8.16,
 5.1.1, 5.1.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.3.5, 5.3.6, 5.4.7, 5.4.8, 5.5.9,
 5.5.10, 5.6.11, 5.6.12, 5.7.13, 5.7.14, 5.8.15, 5.8.16, 5.9.17,
 5.9.18, 5.10.19, 5.10.20, 5.11.21, 5.11.22, 5.12.23, 5.12.24,
 5.16.32,
 6.1.1, 6.1.2, 6.2.3, 6.2.4, 6.3.5, 6.3.6, 6.4.7, 6.4.8 stb

Látható, hogy az 1 számú kód az első egységet, a mi esetünkben a talaj-kategóriát jellemzi. Az 1.1 és 1.2 kódszámok az 1 kódszám első származék-számai és csak egy jellemvonás határozza meg őket (szerves vagy ásványi talaj). Ha kettőnél több jellemvonás azonos, akkor a kódszámokat három számjegy vagy számjegycsoport írja le: az első számjegy a taxonómiai csoport rangját, sorrendjét adja meg; a második az eggyel magasabb szintű taxonómiai egység kódszámának felel meg, melyből ez a szám származtatható, figyelmen kívül hagyva, hogy alap- vagy alegységről van-e szó; a harmadik számjegy a talaj tulajdonképpeni kódszáma. Ily módon a kód egy éppen olyan nyitott numerikus kódrendszernek a tagja, mint amilyen nyitott az itt javasolt dichotomikus-numerikus klasszifikációs rendszer is.

A kódrendszer működési elvének megértéséhez tekintsük az 5.8.15 kódszámot. Ez a kódszám a következő magasabb kódszámokból származtatható: 4.4.8, majd 3.2.4, 2.1.3 és 1.1. Az 5.8.15 kódszámból viszont először a

4. táblázat

A dichotomikus-numerikus kódrendszer alapján kialakított racionális talajosztályozás

1.1 Sorozat	Hidromorf-szerves talaj	1.1.1 tőzegtalaj
1.2 Sorozat	Ásványi talaj	
2.2.3 Osztály	Helyi (szilárd) kőzeten kialakult talaj	
3.3.6 Rend	litosol	
4.5.9 Alrend	humusz-szilikát-talajok	
4.5.10 Alrend	köves, földes kopár (protoranker)	
2.2.4 Osztály	Laza kőzeten kialakult talajok	
3.4.7 Alosztály	Oligo-meso-erubáz talajok	
6.25.49 Rend	Mollikus talajok B-szint nélkül	
8.97.193 Alrend	rendzina	
8.97.194 Alrend	pseudo-rendzina	
8.98.197 Család	gesztenyebarna sztyepp-talaj	
8.98.198 Család	csernozjom	
6.25.50. Rend	Mollikus talajok B-szinttel	
7.50.100 Alrend	lejtőn kialakult glej-fekete-föld	
8.99.198 Család	vertisol	
9.197.393 Család	degradált csernozjom	
10.394.787 Alcsalád	kilúgozott csernozjom	
10.394.787 Alcsalád	szürke erdőtalaj	
8.25.51 Rend	Kialakult ochrikus talajok	
8.101.201 Alrend	pseudoglej	
8.101.202 Alrend	Terra rossa	
7.51.102 Alrend	Automorf ochrikus talajok	
10.405.809 Család	barnaföld	
11.810.809 Család	vöröses barnaföld	
11.810.1620 Család	argillikus barnaföld	
9.203.406 Család	Ochrikus talajok B-szinttel	
11.811.1621 Típus	podzolos vöröses barnaföld	
11.811.1622 Típus	podzolos talaj	
11.812.1623 Alcsalád	fakóföld	
11.812.1624 Alcsalád	planosol	
8.102.204 Alrend	Alkálikus és nátriumtalajok	
9.204.407 Alcsalád	szology	
9.204.408 Alcsalád	szolonyec	
6.26.52. Rend	Kialakulatlan ochrikus talajok	
7.52.104 Alrend	kolluviális talaj	
9.205.409 Alrend	flyami hordalék	
9.205.410 Alrend	regosol	
9.206.411 Alrend	psamosol	
9.206.412 Alrend	öntésterület réti talaja	
4.7.14 Alosztály	Oligobáz ochrikus talajok	
6.27.53. Alcsalád	podzol	
6.27.54 Alcsalád	podzolos barnaföld	
6.28.55 Alcsalád	savanyú barnaföld	
7.56.111 Alcsalád	savanyú feketeföld	
7.56.112 Alcsalád	andosol	
3.4.8 Alosztály	Talajvízhatás alatt álló hidromorf és sós talajok	
4.8.16 Rend	szolonszák	
5.15.29 Alrend	régi talaj	
5.15.30 Alrend	glejes talaj	

6.15.29 és 6.15.30, majd ezekből a 7.29.57 és a 7.29.58, ill. a 7.30.59 és a 7.30.60, stb. vezethető le.

Ha ezt a rendszert dendrogramok alapján konkrét talajklasszifikációra használjuk fel, akkor össze lehet állítani a dichotomikus és kódolt talajjegyzéket (4. táblázat).

Általános következtetések

— Közös jellemvonások (tulajdonságok) számának alapján meg lehet határozni a taxonomikus egységeknek azon rangsorát, mely megadja, hogy két vagy több test — esetünkben talaj — azonos-e.

— A csoport-jellemvonások alapján felállított klasszifikációs modell nyitott rendszer, melyet más szakterületekre is át lehet vinni.

— A modell alkalmazása lehetővé teszi egy alapegység (halmaz) elméletileg lehetséges elemei számának meghatározását és ezen túlmenően előrejelzést ad a még ismeretlen elemek jellemvonásairól.

— A közös jellemvonások alapján és a prímszámok elhatároló jellegének tekintetbevételével természetes testeket (talajokat) különböző ranglépcsők tagjaiként lehet jellemezni.

— A javasolt klasszifikációs rendszerben a genetikus tulajdonságokat könnyen be lehet sorolni a numerikus taxonómiába.

— A javasolt modell új szemléleti módokat és kutatási irányokat eredményezhet.

Összefoglalás

Szerzők a talajok klasszifikációjára az azonos jellemvonások számán nyugvó matematikai modellt javasolnak, melynél a különböző klasszifikációs egységeket egymástól prímszámok alapján határolják el. Az atomfizika, szervetlen kémia és biológia (növény- és állattan) területéről vett példákon ellenőrzik, hogy az új felfogás ún. „nyílt rendszert” képez-e és alkalmas-e arra, hogy különféle tudományterületeken alkalmazásra kerüljön. Végül a modellt Románia talajainak dichotomikus-numerikus és kódolt klasszifikációjánál alkalmazzák.

Irodalom

- [1] ANGHELOIU, I.: Teoria codurilor. Ed. Militară. București. 1972.
- [2] ARKLEY, R. J.: Factor analysis and numerical taxonomy of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **35**, 312–315. 1971
- [3] BERTALANFFY, L. VON: Teoria generale dei sistemi. Ed. Instituto Librario Internazionale. Milano. 1971.
- [4] BIDWELL, O. W. & HOLE, F. D.: An experiment in the numerical classification of some Kansas soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **28**, 263–268. 1964.
- [5] BIDWELL, O. W. & HOLE, F. D.: Numerical taxonomy and soil classification. Soil Sci. **97**, 58–62. 1964.
- [6] BLUME, H. P.: Zur Bezeichnung von Bodenhorizonten. Z. PflErnähr. Düng. Bodenk. **110**, 35–42. 1965.
- [7] CĂDARIU, I.: Chimie fizică. I. Ed. Tehnică. București. 1967.

- [8] CHIRIȚA, C. D.: Dspre unități le taxonouice și criteriile de constituire a acestora în clasificarea solurilor. Acad. Rep. Pop. Rom. Probl. Pedol. 255—272. 1958.
- [9] CIPRA, J. E., BIDWELL, O. W. & ROHLF, F. J.: Numerical taxonomy of soils from nine orders by cluster and centroid-component analyses. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **34**. 281—287. 1970.
- [10] CLINE, M. G.: Logic of the system of soil classification. Soil Sci. **96**. 17—22. 1963.
- [11] CONEA, A., POPOVĂȚ, A. & RAPAPORT, C.: Sisteme actuale de clasificare a solurilor. Știința Solului. (2) 74—81. 1964.
- [12] CREANGĂ, I. & SIMIVICI, D.: Teoria codurilor. Ed. Didactica și Pedagogică. București. 1975.
- [13] CUANALO, H. E. DE LA C. & WEBSTER, R.: A comparative study of numerical classification and ordination of soil profiles in a locality near Oxford. I. Analysis of 85 sites. J. Soil Sci. **21**. 341—352. 1970.
- [14] FEDOROV, Sz. I.: Primenenie szposzobov matematicheskij obrabotki dannij pri kassessztvennoj ocenke pocsv. Poesvovedenie. (1) 144—149. 1974.
- [15] GRIGAL, D. F. & ARNEMAN, H. F.: Numerical classification of some forested Minnesota soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **33**. 433—438. 1969.
- [16] IVANOVA, E. N. & ROZOV, N. N.: Classification of soils and the soil map of the USSR. Trans. 7th Int. Congr. Soil Sci. Madison. **4**. 77—87. 1960.
- [17] KENDRICK, W. B. & PROCTOR, J. B.: Computer taxonomy in fungi imperfecti. Can. J. Bot. **42**. 65—88. 1964.
- [18] Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. (Ed.: STRASSBURGER, E.). VEB. Gustav Fischer. Jena. 1971.
- [19] MOUNTFORD, M. D.: An index of similarity and its application to classificatory problems. In: Progress in soil zoology. (Ed.: MURPHY, P. W.) Butterworths. London. 1962.
- [20] MÜCKENHAUSEN, E.: The soil classification system of the Federal Republic of Germany. Int. Soil Conf. N. Z. 377—387. 1962.
- [21] NIKOLAEV, L.: Himija modern. MIR. Moszkva. 1974.
- [22] NORRIS, J. M.: Comparison of different methods in the transition matrix approach to the numerical classification of soil profiles. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **35**. 965—968. 1971.
- [23] PAK, K. P., ROZSKOV, B. A. & CJURUPA, I. G.: Primenenie matematicheskijh metodov i ЭЦВМ dlja diagnosztiki pocsv csernozerno-szoloncevoj kompleksov. Poesvovedenie. (3) 113—119. 1974.
- [24] RADU, V. GH. & RADU, V. V.: Zoologia nevertebratelor. Vol. II. Ed. Didactică și Pedagogică. București. 1967.
- [25] RAYNER, J. H.: Classification of soils by numerical methods. J. Soil Sci. **17**. 78—92. 1966.
- [26] SARKAR, P. K., BIDWELL, O. W. & MARCUS, L. F.: Selection of characteristics for numerical classification of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **30**. 269—272. 1966.
- [27] Sistemul de clasificare a solurilor în categorii de nivel superior. Inst. Cercet. Pentru Pedologie și Agrochimie. București. 1976.
- [28] SNEATH, P. H. A. & SOKAL, R. R.: Numerical taxonomy. Nature. **193**. 855—860. 1962.
- [29] Soil classification. A comprehensive system. 7th Approximation. Soil Conserv. Serv. USDA. Washington. 1960.
- [30] ZSAKÓ, J.: Chimie fizică. Structura atomilor și a moleculelor. Ed. Didactică și Pedagogică. București. 1973.

Érkezett: 1981. december 1.